

# **PERKUATAN BALOK BETON BERTULANG DENGAN *FIBER GLASS JACKET* PADA KONDISI LENTUR**

Laporan Tugas Akhir  
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana dari  
Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Oleh :  
**PAULINUS PERJUANGAN ZEBUA**  
NPM : 11 02 13844



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA  
YOGYAKARTA  
SEPTEMBER 2015

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir dengan judul :

### **PERKUATAN BALOK BETON BERTULANG DENGAN *FIBER GLASS JACKET* PADA KONDISI LENTUR**

benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil plagiasi dari karya orang lain. Ide, data hasil penelitian maupun kutipan, baik langsung maupun tidak langsung yang bersumber dari tulisan atau ide orang lain dinyatakan secara tertulis dalam Tugas Akhir ini. Apabila terbukti dikemudian hari bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiasi, maka ijazah yang saya peroleh dinyatakan batal dan akan saya kembalikan kepada Rektor Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Yogyakarta, 17 September 2015

Yang membuat pernyataan,



(Paulinus P. Zebua)

## **PENGESAHAN**

Laporan Tugas Akhir

### **PERKUATAN BALOK BETON BERTULANG DENGAN *FIBER* GLASS JACKET PADA KONDISI LENTUR**

Oleh :  
**PAULINUS PERJUANGAN ZEBUA**  
NPM : 11 02 13844

Telah disetujui oleh Pembimbing  
Yogyakarta, 18 September 2015

Pembimbing 18/5-15

(J. Januar Sudjati, S.T., M.T.)

Disahkan oleh :  
Program Studi Teknik Sipil  
Ketua

(J. Januar Sudjati, S.T., M.T.)

## PENGESAHAN PENGUJI




Laporan Tugas Akhir

### PERKUATAN BALOK BETON BERTULANG DENGAN *FIBER GLASS JACKET* PADA KONDISI LENTUR



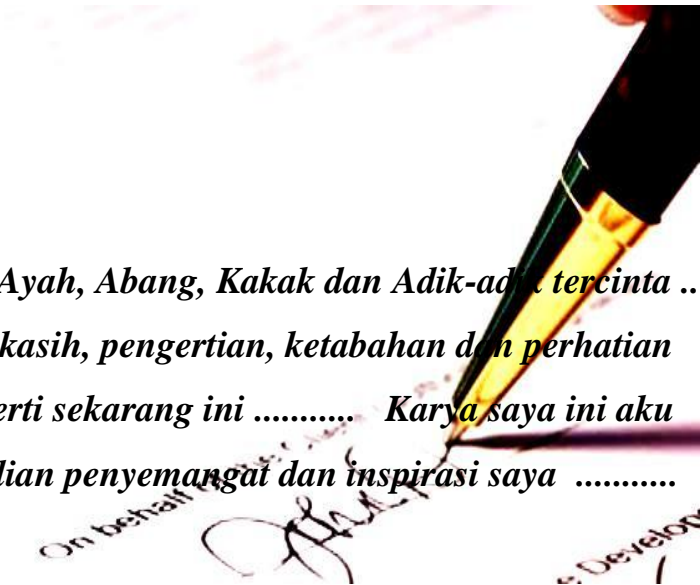
Oleh :  
PAULINUS PERJUANGAN ZEBUA  
NPM : 11 02 13844

Telah diuji dan disetujui oleh

| Nama  | Tanda tangan  | Tanggal |
|---|---|---------|
| Ketua : J. Januar Sudjati, S.T., M.T.         |   | 15/5-15 |
| Anggota : Anggun T. Atmajayanti, S.T., M.Eng. |   | 18/9 15 |
| Anggota : Ir. Agt. Wahjono, M.T.              |  | 18/9 15 |

## PERSEMBAHAN

*Rencana Tuhan Begitu Indah Dalam Setiap Perjalanan Kehidupan  
Ini.. Trimakasih Tuhan Buat Berkat-Mu.  
Skripsi yang jauh dari sempurana ini aku persembahkan  
buat Tuhan Yesus Kristus ....*



*Almarhum Mama, Ayah, Abang, Kakak dan Adik-adik tercinta ..  
Trimakasih atas cinta, kasih, pengertian, ketabahan dan perhatian  
sehingga saya bisa seperti sekarang ini ..... Karya saya ini aku  
persembahkan buat kalian penyemangat dan inspirasi saya .....*

*“If you **Want** something you’ve never **Had**, you must be willing to do  
something you’ve never **Done** ....”*

*~- Thomas Jefferson ~-*

## KATA HANTAR

Puji dan Syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas kehadiran-Nya dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik dan lancar yang berjudul “Perkuatan Balok Beton Bertulang Dengan *Fiber Glass Jacket* Pada Kondisi Lentur.”

Penyusunan Tugas Akhir ini merupakan untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan jenjang pendidikan tinggi Program Strata 1 (S1) di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Penyelesaian Tugas akhir ini tidak mungkin dapat terselesaikan oleh penulis dengan sebaik-baiknya tanpa bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini, antara lain sebagai berikut ini.

1. Bapak Prof. Ir. Yoyong Arfiadi, M.Eng, Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
2. Bapak J. Januar Sudjati, S.T, M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta, sekaligus sebagai dosen pembimbing penulis yang telah dengan sabar membimbing penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Dinar Gumilang Jati, S.T, M.Eng., selaku Ketua Program peminatan tugas akhir struktur yang telah mengajarkan penulis tentang kedisiplinan dan mengarahkan serta memberikan masukan selama proses penelitian penulis ini.



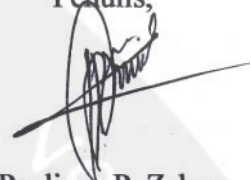
4. Keluarga tercinta, Ayah, Abang, Kakak dan Adik-adik yang selalu memberi dukungan doa, kasih, perhatian, dan semangat, serta almarhum mama yang selalu menjadi inspirasi dan penyemangat penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Bapak Sukaryantara selaku staff Laboratorium Struktur dan Bahan Bangunan yang telah banyak membantu dan memberikan ilmu serta memberikan pengalaman yang menarik bagi penulis.
6. Teman-teman yang telah membantu dalam pembuatan dan pengujian benda uji; Jordy, Billy, Irwan, Ando, Sem, Detha, Poltak, Kadek, Thedy, Tya, Diah, dan Anggara.
7. Bapak dan Ibu kos penulis di TB 04/20B serta teman-teman kos yang selalu memberikan ide dan tenaga selama penyelesaian tugas akhir penulis ini.
8. Teman-teman Asisten Lab. SBB 2013 dan 2014 yang selalu memberikan dukungan dan semangat serta memberikan pengalaman menarik bagi penulis.
9. Sahabat seperjuangan penulis terkhusus grup nusantara, perkumpulan anak-anak Nias IMANI-UAJY dan keseluruhan teman-teman angkatan 2011 Teknik Sipil UAJY, serta Semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu yang secara langsung maupun tidak langsung membantu penulis dalam menyelesaikan studi di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Ada pun harapan besar penulis kiranya tugas akhir yang telah disusun oleh penulis ini mampu memberikan wawasan baru di bidang teknik sipil. Namun penulis juga meyakini bahwa di sisi lain masih banyak kekurangan dalam

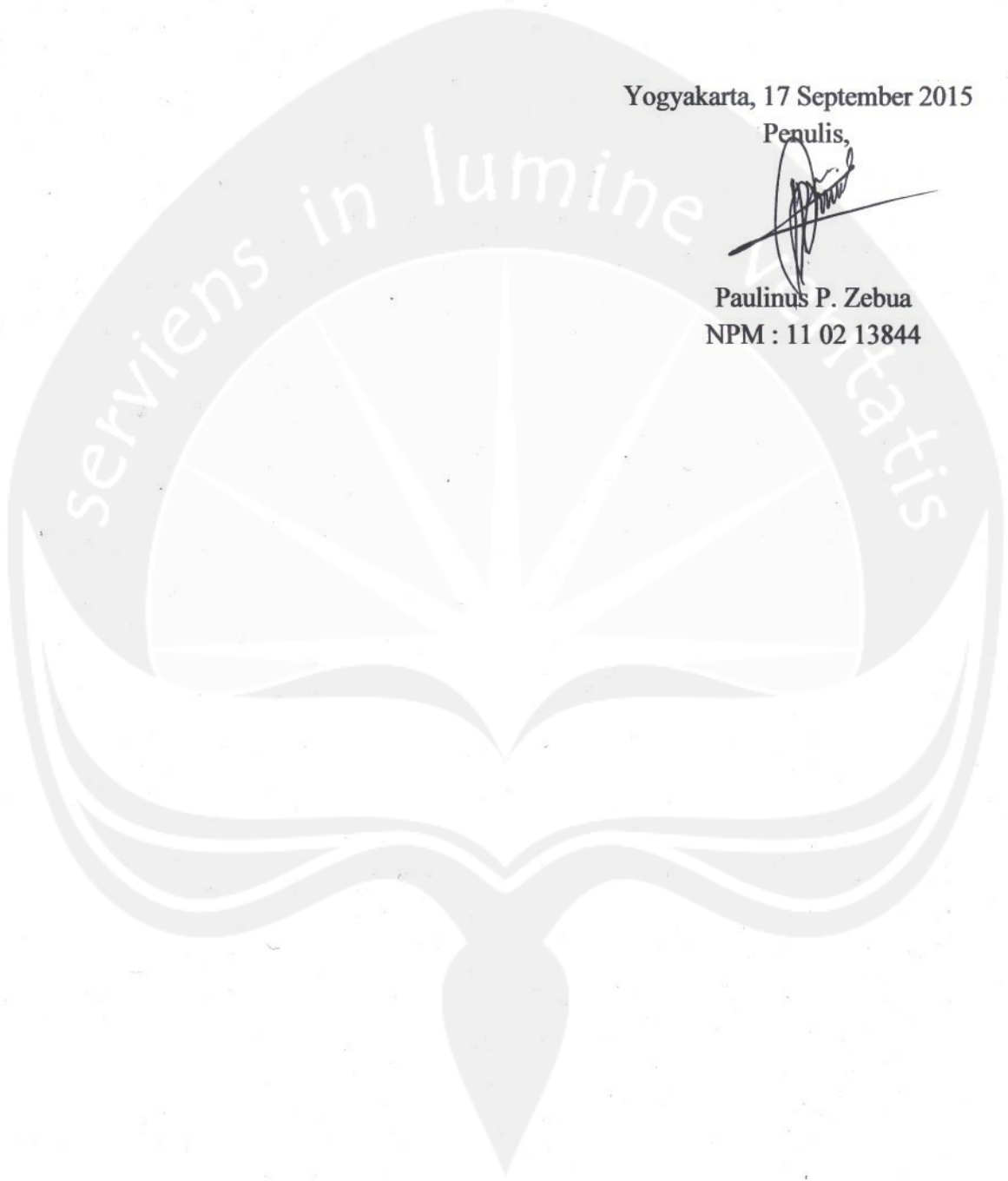
penulisan tugas akhir ini, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun.

Yogyakarta, 17 September 2015

Penulis,



Paulinus P. Zebua  
NPM : 11 02 13844





## DAFTAR ISI

|  |             |
|--|-------------|
| <b>HALAMAN JUDUL .....</b>   | <b>i</b>    |
| <b>HALAMAN PERNYATAAN .....</b>  | <b>ii</b>   |
| <b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>  | <b>iii</b>  |
| <b>HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI .....</b>                                      | <b>iv</b>   |
| <b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>   | <b>v</b>    |
| <b>KATA HANTAR .....</b>   | <b>vi</b>   |
| <b>DAFTAR ISI .....</b>  | <b>x</b>    |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>  | <b>xi</b>   |
| <b>DAFTAR GAMBAR .....</b>   | <b>xii</b>  |
| <b>DAFTAR NOTASI .....</b>   | <b>xiv</b>  |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>   | <b>xvi</b>  |
| <b>INTISARI .....</b>  | <b>xvii</b> |
| <b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>   | <b>1</b>    |
| 1.1 Latar Belakang .....   | 1           |
| 1.2 Perumusan Masalah .....  | 3           |
| 1.3 Batasan Masalah .....  | 3           |
| 1.4 Keaslian Tugas Akhir .....   | 4           |
| 1.5 Manfaat Tugas Akhir .....  | 5           |
| 1.6 Tujuan Tugas Akhir .....   | 5           |
| 1.7 Lokasi Penelitian .....  | 5           |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>   | <b>6</b>    |
| 2.1 Beton .....  | 6           |
| 2.2 Baja .....   | 7           |
| 2.3 Balok .....  | 9           |
| 2.4 <i>Fiber Glass</i> .....   | 11          |
| 2.5 Beberapa Penelitian Perkuatan Beton Bertulang Pada Kolom dan Balok ..... | 12          |
| <b>BAB III LANDASAN TEORI .....</b>  | <b>16</b>   |
| 3.1 Kuat Tekan Beton .....   | 16          |
| 3.2 Kuat Lentur Balok .....  | 17          |
| 3.3 Momen Ultimit .....  | 18          |
| 3.4 Perancangan Keruntuhan Lentur .....                                      | 20          |
| 3.5 Hubungan Beban dan Defleksi .....  | 21          |
| 3.6 Kelengkungan Balok .....   | 22          |
| 3.7 Beban Pada Saat Retak Pertama .....                                      | 23          |
| 3.8 Beban pada Saat Luluh Pertama .....                                      | 24          |
| <b>BAB IV METODOLOGI PENELITIAN .....</b>                                    | <b>25</b>   |
| 4.1 Umum .....   | 25          |
| 4.2 Tahap Persiapan .....  | 27          |
| 4.2.1 Pengumpulan Bahan .....  | 27          |
| 4.2.2 Peralatan Penelitian .....   | 32          |
| 4.3 Tahap Pengujian Bahan .....  | 46          |
| 4.3.1 Pengujian Agregat Halus .....  | 46          |

|  |     |
|--|-----|
| 4.3.2 Pengujian Agregat Kasar .....  | 52  |
| 4.3.3 Pengujian Baja Tulangan .....  | 57  |
| 4.3.4 Pengujian <i>Fiber Glass Jacket</i> .....  | 59  |
| 4.4 Tahap Pembuatan Benda Uji .....  | 60  |
| 4.4.1 Pembuatan <i>Mix Design</i> .....  | 62  |
| 4.4.2 Pembuatan Bekesting .....  | 62  |
| 4.4.3 Perakitan Tulangan .....   | 63  |
| 4.4.4 Pengecoran Benda Uji .....   | 63  |
| 4.5 Tahap Perawatan Benda Uji .....  | 69  |
| 4.6 Tahap Pengujian Benda Uji .....  | 71  |
| 4.6.1 Pengujian Silinder Beton .....   | 71  |
| 4.6.2 Pengujian Balok Beton .....  | 72  |
| 4.7 Tahap Analisis Data .....  | 77  |
| 4.8 Hambatan Pelaksanaan .....   | 77  |
| <b>BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b> .....   | 79  |
| 5.1 Pengujian Bahan .....  | 79  |
| 5.1.1 Pengujian Agregat Halus .....  | 79  |
| 5.1.2 Pengujian Agregat Kasar .....  | 80  |
| 5.1.3 Pengujian Kuat Tarik Baja .....  | 80  |
| 5.1.4 Pengujian Kuat Tarik <i>Fiber Glass Jacket</i> .....                                       | 81  |
| 5.2 Pengujian <i>Slump</i> .....   | 82  |
| 5.3 Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton .....  | 82  |
| 5.4 Hasil Pengujian Balok Beton Normal dan Balok Beton dengan Perkuatan <i>Fiber Glass</i> ..... | 83  |
| 5.4.1 Perbandingan Beban Maksimum Hasil Pengujian Dengan Hasil Analisis Teoritis .....           | 83  |
| 5.4.2 Perbandingan Beban Maksimum Balok Normal Dengan Balok Perkuatan <i>Fiber Glass</i> .....   | 84  |
| 5.4.3 Beban pada Saat Retak dan Luluh Pertama .....  | 86  |
| 5.4.4 Kelengkungan Balok pada Retak Pertama .....  | 89  |
| 5.4.5 Hubungan Beban dan Defleksi ( $P - \delta$ ) .....   | 90  |
| 5.4.6 Hubungan Momen dan Defleksi ( $M - \delta$ ) .....   | 91  |
| 5.4.7 Hubungan Momen dan Kelengkungan ( $M - \phi$ ) .....                                       | 92  |
| 5.4.8 Hubungan Beban dan Kelengkungan ( $P - \phi$ ) .....                                       | 93  |
| 5.6 Pola dan Jenis Retak Balok .....   | 94  |
| <b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....   | 96  |
| 6.1 Kesimpulan .....   | 96  |
| 6.2 Saran .....  | 97  |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....  | 98  |
| <b>LAMPIRAN</b> .....  | 100 |

## DAFTAR TABEL

|            |  |    |
|------------|--|----|
| Tabel 2.1  | Mutu Baja Tulangan .....   | 9  |
| Tabel 2.2  | Tegangan Baja yang Diijinkan .....   | 9  |
| Tabel 4.1  | Kode Benda Uji Balok Beton dan Silinder Beton .....  | 68 |
| Tabel 5.1  | Hasil Pengujian Kuat Tarik Baja .....  | 80 |
| Tabel 5.2  | Hasil Pengujian <i>Fiber Glass Jacket</i> .....  | 81 |
| Tabel 5.3  | Hasil Pengujian <i>Slump</i> .....   | 82 |
| Tabel 5.4  | Hasil Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton .....  | 82 |
| Tabel 5.5  | Perbandingan Beban Maksimum Hasil Pengujian dan Hasil Analisis Teoritis Balok Beton .....            | 84 |
| Tabel 5.6  | Perbandingan Beban Maksimum Balok Normal Dengan Balok Perkuatan <i>Fiber Glass</i> .....             | 85 |
| Tabel 5.7  | Perbandingan Beban Retak Pertama Hasil Pengujian dan Analisis.                                       | 87 |
| Tabel 5.8  | Perbandingan Beban Retak Pertama Balok Normal Dengan Balok Perkuatan <i>Fiber Glass</i> .....        | 87 |
| Tabel 5.9  | Perbandingan Beban Luluh Pertama Hasil Pengujian dan Analisis .....                                  | 88 |
| Tabel 5.10 | Perbandingan Beban Luluh Pertama Balok Normal Dengan Balok Perkuatan <i>Fiber Glass</i> .....        | 88 |
| Tabel 5.11 | Perbandingan Kelengkungan Retak Pertama Balok Normal Dengan Balok Perkuatan <i>Fiber Glass</i> ..... | 89 |

## DAFTAR GAMBAR

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| Gambar 3.1  | Pengujian Kuat Tekan Beton pada Benda Uji Silinder .....  | 16 |
| Gambar 3.2  | Pengujian Kuat Lentur Balok (satuan dalam mm) .....   | 17 |
| Gambar 3.3  | Distribusi Tegangan dan Regangan pada Penampang Balok<br>Beton Normal yang Dilapisi <i>Fiber Glass Jacket</i> ..... | 18 |
| Gambar 3.4  | Lendutan Balok Dipengaruhi Beban Terpusat .....   | 21 |
| Gambar 3.5  | Lendutan Balok Tumpuan Sederhana Akibat Beban Terpusat<br>(Sumber : Chapra dan Canale, 1989) .....                  | 22 |
| Gambar 4.1  | <i>Flow Chart</i> Pelaksanaan Penelitian .....  | 26 |
| Gambar 4.2  | Semen <i>Portland</i> .....   | 27 |
| Gambar 4.3  | Agregat Halus .....   | 28 |
| Gambar 4.4  | Agregat Kasar .....   | 28 |
| Gambar 4.5  | Air .....   | 29 |
| Gambar 4.6  | Lem Epoxy merek “ALF” .....   | 29 |
| Gambar 4.7  | <i>Fiber glass jacket</i> .....   | 30 |
| Gambar 4.8  | Baja Tulangan Polos Ø 5,63 mm .....   | 30 |
| Gambar 4.9  | Baja Polos diameter 10 mm .....   | 31 |
| Gambar 4.10 | Kawat Bendrat .....   | 31 |
| Gambar 4.11 | Multiplek Tebal 10 mm .....   | 32 |
| Gambar 4.12 | <i>Loading Frame</i> .....  | 32 |
| Gambar 4.13 | <i>Dial Gauge</i> .....   | 33 |
| Gambar 4.14 | <i>Dewetron</i> .....   | 33 |
| Gambar 4.15 | <i>Hydraulic Jack</i> .....   | 34 |
| Gambar 4.16 | <i>Transfer Beam</i> .....  | 34 |
| Gambar 4.17 | Kerucut <i>Abrams</i> .....   | 35 |
| Gambar 4.18 | Penumbuk .....  | 35 |
| Gambar 4.19 | Molen .....   | 36 |
| Gambar 4.20 | Bak Adukan Beton .....  | 36 |
| Gambar 4.21 | Timbangan.....  | 36 |
| Gambar 4.22 | Cetakan Silinder.....   | 37 |
| Gambar 4.23 | Gelas Ukur 250 ml .....   | 37 |
| Gambar 4.24 | Labu <i>Erlenmeyer</i> .....  | 38 |
| Gambar 4.25 | Kerucut SSD dan Penumbuk .....  | 38 |
| Gambar 4.26 | Saringan dan Mesin Pengayak .....   | 39 |
| Gambar 4.27 | Kaliper .....   | 39 |
| Gambar 4.28 | Oven Listrik .....  | 40 |
| Gambar 4.29 | <i>Compression Testing Machine</i> .....  | 40 |
| Gambar 4.30 | <i>Los Angeles Abration</i> .....   | 41 |
| Gambar 4.31 | Bola Baja .....   | 41 |
| Gambar 4.32 | <i>Universal Testing Machine</i> .....  | 41 |
| Gambar 4.33 | Cetok .....   | 42 |
| Gambar 4.34 | <i>Gardner Standard Color</i> .....   | 42 |
| Gambar 4.35 | <i>Extensometer</i> .....   | 42 |
| Gambar 4.36 | Gergaji .....   | 43 |
| Gambar 4.37 | Palu .....  | 43 |

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Gambar 4.38 | Meteran .....  | 43 |
| Gambar 4.39 | <i>Bar Cutter</i> .....  | 44 |
| Gambar 4.40 | Ember Plastik .....  | 44 |
| Gambar 4.41 | Piring .....   | 44 |
| Gambar 4.42 | Kuas .....   | 45 |
| Gambar 4.43 | Pelumas .....  | 45 |
| Gambar 4.44 | Tang .....   | 45 |
| Gambar 4.45 | Alat Tulis .....   | 46 |
| Gambar 4.46 | Pengujian Kandungan Lumpur dalam Pasir .....   | 50 |
| Gambar 4.47 | Pengujian Kandungan Zat Organik dalam Pasir .....  | 51 |
| Gambar 4.48 | Sketsa Benda Uji <i>Fiber Glass Jacket</i> (satuan dalam mm) .....   | 60 |
| Gambar 4.49 | Benda Uji Balok (satuan dalam mm) .....  | 61 |
| Gambar 4.50 | Detail Potongan A (satuan dalam mm) .....  | 61 |
| Gambar 4.51 | Perakitan Tulangan .....   | 63 |
| Gambar 4.52 | Pengujian Nilai <i>Slump</i> .....   | 67 |
| Gambar 4.53 | Proses Pengecoran Balok .....  | 68 |
| Gambar 4.54 | Perawatan Balok Beton .....  | 70 |
| Gambar 4.55 | Pengujian Kuat Tekan Slinder Beton .....   | 71 |
| Gambar 4.56 | Rencana Pembuatan <i>Grid</i> Balok: {(a).Tampak Samping; (b).Tampak atas dan Bawah; (c).Tampak Ujung} (satuan dalam mm) ..... | 74 |
| Gambar 4.57 | <i>Setting</i> Alat Pengujian Kuat Lentur Balok .....  | 76 |
| Gambar 4.58 | Pengujian Kuat Lentur Balok .....  | 77 |
| Gambar 5.1  | Pengujian <i>Fiber Glass Jacket</i> .....  | 81 |
| Gambar 5.2  | Grafik Perbandingan Beban Maksimum Balok Normal Dengan Balok Perkuatan <i>Fiber Glass</i> .....                                | 86 |
| Gambar 5.3  | Grafik Hubungan Beban dan Defleksi ( $P - \delta$ ) .....  | 90 |
| Gambar 5.4  | Grafik Hubungan Momen dan Defleksi ( $M - \delta$ ) .....  | 91 |
| Gambar 5.5  | Grafik Hubungan Momen dan Kelengkungan ( $M - \phi$ ) .....  | 92 |
| Gambar 5.6  | Grafik Hubungan Beban dan Kelengkungan ( $P - \phi$ ) .....  | 93 |
| Gambar 5.7  | Retak Benda Uji BBN .....  | 94 |
| Gambar 5.8  | Retak Benda Uji BBFG 4 .....   | 95 |
| Gambar 5.9  | Retak Benda Uji BBFG 5 .....   | 95 |

## DAFTAR NOTASI

|          |   |
|----------|---|
| $a$      | Tinggi blok tegangan beton ekuivalen                            |
| $A$      | Luas benda uji  |
| $A_s$    | Luas tulangan Tarik   |
| BBN      | Balok Beton Normal  |
| BBFG 4   | Balok Beton <i>Fiber Glass</i> 4 Lapisan                        |
| BBFG 5   | Balok Beton <i>Fiber Glass</i> 4 Lapisan                        |
| $L$      | Panjang balok   |
| $M$      | Momen   |
| $M_{cr}$ | Momen retak dari beton  |
| $M_n$    | Momen nominal   |
| $M_u$    | Momen <i>ultimate</i>   |
| $b$      | Lebar balok   |
| $c$      | Jarak sumbu netral penampang keserat paling tertekan            |
| $C_c$    | Gaya tekan beton  |
| $C_s$    | Gaya tekan baja   |
| $d$      | Tinggi efektif balok  |
| $d'$     | Jarak dari tepi serat tertekan kepusat tulangan tekan           |
| $E$      | Modulus elastis   |
| $E_c$    | Modulus elastis beton   |
| $E_s$    | Modulus elastis baja  |
| $f_c'$   | Kuat tekan beton  |
| $f_s$    | Tegangan baja Tarik   |
| $f_s'$   | Tegangan luluh baja pada daerah tekan balok                     |
| $f_r$    | Tegangan lentur   |
| $f_u$    | Tegangan tarik ultimit  |
| $f_y$    | Tegangan luluh baja   |
| $h$      | Tinggi balok  |
| $I$      | Inersia penampang   |
| $k$      | Faktor tinggi garis netral                                      |
| $M_y$    | Momen leleh pertama   |
| $P$      | Gaya, beban   |
| $P_u$    | Beban ultimit   |
| $P_y$    | Beban leleh   |
| $s$      | Jarak antar sengkang  |
| $T_s$    | Gaya tarik pada baja  |
| $T_f$    | Gaya tarik <i>fiber glass</i>                                   |
| $y$      | Tegangan geser  |
| $y$      | Jarak antara titik berat desak beton ke titik berat tarik beton |
| $z$      | Lengan dari titik berat baja ke titik berat blok desak beton    |
| $V$      | Gaya geser  |
| $V_c$    | Gaya geser beton  |
| $V_n$    | Gaya geser nominal total  |
| $V_s$    | Gaya geser yang ditahan oleh sengkang                           |
| $\Delta$ | Lendutan, defleksi  |

|                    |   |
|--------------------|---|
| $\Delta_y$         | Lendutan leleh  |
| $\beta_1$          | Konstanta yang merupakan fungsi dari kuat tekan beton                     |
| $\varepsilon_c$    | Regangan beton  |
| $\varepsilon_{cu}$ | Regangan beton ultimit  |
| $\varepsilon_s$    | Regangan baja tarik   |
| $\varepsilon_s'$   | Regangan baja tekan   |
| $\varepsilon_y$    | Regangan leleh baja   |
| $\rho$             | Rasio luas penampang tulangan tarik terhadap luas efektif penampang balok |
| $\rho_b$           | Rasio tulangan seimbang   |
| $\phi$             | Kelengkungan  |
| $\phi_{cr}$        | Kelengkungan  |
| $\phi_y$           | Kelengkungan leleh pertama  |
| $\emptyset$        | Faktor reduksi  |
| $y_{i+1}$          | LVDT 1  |
| $y_i$              | LVDT 2  |
| $y_{i-1}$          | LVDT 3  |
| CB I               | Campuran Beton Pertama  |
| CB II              | Campuran Beton Kedua  |
| CB III             | Campuran Beton Ketiga   |
| SBN                | Silinder Beton Normal   |
| SBFG 4             | Silinder Beton <i>Fiber Glass</i> 4 Lapisan                               |
| SBFG 5             | Silinder Beton <i>Fiber Glass</i> 5 Lapisan                               |



## DAFTAR LAMPIRAN

|             |  |     |
|-------------|--|-----|
| Lampiran 1  | Pengujian Bahan .....  | 100 |
| Lampiran 2  | Hasil Pengujian Kuat Tarik Baja .....  | 108 |
| Lampiran 3  | Pengujian Kuat Tarik <i>Fiber Glass Jacket</i> .....   | 111 |
| Lampiran 4  | Perencanaan Adukan Untuk Beton Normal .....  | 112 |
| Lampiran 5  | Perhitungan Perencanaan Tulangan .....   | 121 |
| Lampiran 6  | Perencanaan Perhitungan Nilai Defleksi Maksimum .....  | 126 |
| Lampiran 7  | Data Pengujian Silinder Beton .....  | 127 |
| Lampiran 8  | Data Hasil Pengujian Perkuatan Balok Beton Bertulang<br>Dengan <i>Fiber Glass Jacket</i> Pada Kondisi Lentur ..... | 128 |
| Lampiran 9  | Tabel Beban, Momen, Lendutan, dan Kelengkungan Balok ...   | 141 |
| Lampiran 10 | Perhitungan Analisis Balok Beton Bertulang .....   | 154 |
| Lampiran 11 | Dokumentasi Penelitian .....   | 166 |

## INTISARI

**PERKUATAN BALOK BETON BERTULANG DENGAN *FIBER GLASS JACKET* PADA KONDISI LENTUR**, Paulinus Perjuangan Zebua, NPM 11 02 13844, tahun 2015, Bidang Peminatan Struktur, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Perkembangan pada setiap bidang kehidupan pada era globalisasi saat ini terjadi dengan sangat pesat tanpa terkecuali di bidang konstruksi. Balok merupakan salah satu elemen struktur yang berfungsi untuk menahan dan meneruskan beban dari struktur di atasnya seperti kuda-kuda, dinding, dan plat lantai. Pada kenyataannya perencanaan struktur dari suatu bangunan belum tentu sama dengan pelaksanaannya di lapangan. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya disebabkan oleh perubahan fungsi dari bangunan tersebut. Perubahan ini tentunya akan berdampak pada beban rencana yang harus ditopang oleh struktur tersebut. Perubahan beban yang lebih besar dari beban semula mengharuskan perencanaan ulang dari komponen struktur bangunan yang telah direncanakan tersebut. Oleh karena itu salah satunya digunakanlah bahan *fiber* sebagai bahan alternatif perkuatan tambahan pada komponen struktur bangunan tersebut tanpa penambahan berat dan perubahan dimensi yang terlalu besar.

Penelitian ini dilakukan dengan membandingkan kekuatan balok beton bertulang normal dengan balok beton bertulang dengan perkuatan *fiber glass* pada kondisi lentur. Ukuran penampang benda uji balok adalah 100 mm x 150 mm dengan panjang bersih ( $l_u$ ) 1800 mm dan panjang total 2000 mm. Tulangan lentur yang digunakan diameter 10 mm sedangkan tulangan gesernya digunakan berdiameter 5,6 mm. Tipe *fiber glass*-nya yaitu *fiber glass* tipe *woven roving*. Sampel benda uji ada 6 buah dan diberi kode BBN, BBFG 4 dan BBFG 5. Benda uji balok dibebani dengan beban terpusat dua titik pada jarak sepertiga bentang bersih yaitu sejauh 600 mm dari masing-masing tumpuan balok. Balok ini didesain untuk menahan beban lentur.

Dari hasil pengujian maka beban maksimum yang diperoleh BBN, BBFG 4 dan BBFG 5 secara berurutan adalah 28,248 kN; 35,083 kN; dan 38,152 kN. Ada pun persentase kenaikan beban yang dihasilkan bila dibandingkan balok beton bertulang normal dengan balok beton bertulang perkuatan *fiber glass*-nya yaitu untuk BBFG 4 lapisan sebesar 19,481% dan untuk BBFG 5 lapisan menghasilkan kenaikan beban sebesar 25,959%. Pada peresentase perbandingan beban retak pertama balok normal terhadap balok perkuatan *fiber glass* hasil pengujian yaitu sebesar 13,546% untuk BBFG 4 dan 20,043% untuk BBFG 5. Sedangkan untuk luluh pertama persentase kenaikan bebannya dari balok normal terhadap balok perkuatan *fiber glass*-nya yaitu untuk BBFG 4 sebesar 16,029% dan BBFG 5 sebesar 25,07%.

**Kata Kunci:** *fiber glass*, tegangan lentur, balok bertulang